



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ STROPNÍ DESKA

CONCRETE FLAT SLAB SUPPORTED BY COLUMNS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Enikő Járík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Enikő Járik
Název	Lokálně podepřená stropní deska
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Půdorysy a řezy objektu.

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí (část 1-1, 1-3 až 1-7)

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího bakalářské práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Návrh stropní desky třípodlažního objektu v nemocničním areálu - při návrhu bude respektováno dispoziční využití půdorysu vyššího podlaží a provedeno posouzení přetvoření stropní konstrukce s ohledem na celistvost vynášených výplňových konstrukcí. Statický výpočet bude obsahovat i ověření účinků přibližnými metodami řešení (např. metodou součtových momentů, metodou náhradních rámců apod.).

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady.

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Perla
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je zjištění vnitřních sil na lokálně podepřené desce, nemocničního objektu nad 1. nadzemní podlaží. Analýza byla provedena pomocí metodou konečných prvků v programu Dlubal RFEM a výsledky byly ověřeny pomocí metody náhradního rámu. Navržená konstrukce byla ověřena z hlediska mezních stavů únosnosti a použitelnosti. V rámci práce je také návrh jednoho sloupu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lokálně podepřená stropní deska, železobeton, výztuž, metoda konečných prvků, metoda náhradních rámu, ohybový moment, sloup, protlačení, průhyb, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

ABSTRACT

The aim of bachelor theses is to find out the internal forces on the point-supported reinforced concrete flat slab of a hospital building on the first floor. The analysis was performed using the following method: finite element method in Dlubal's RFEM program, result were proved by the equivalent frame method. The structural assessment was performed according to ultimate and serviceability limit states. The work also includes the design of one column.

KEYWORDS

Locally supported slab, reinforced concrete, reinforcement, finite element method, equivalent frame method, bending moment, column, extrusion, deflection, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Enikš Járík *Lokálně podepřená stropní deska*. Brno, 2020 19 s., 99 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala vedoucím mé bakalářské práce panu Ing. Janu Perlovi, za jeho odborné rady a cenné připomínky při psaní práce.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Lokálně podepřená stropní deska* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 2. 6. 2020

Enikő Járík
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Lokálně podepřená stropní deska* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2. 6. 2020

Enikő Járík
autor práce

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Popis konstrukce	11
3. Materiály.....	11
4. Výpočetní metody.....	12
4.1. Metoda náhradních rámců	12
4.2. Metoda konečných prvků	12
5. Zatížení.....	12
5.1. Stálé zatížení.....	12
5.2. Proměnné zatížení	12
6. Kombinace.....	13
7. Vyztužování	13
8. Výpočet sloupu	13
9. Vodorovné účinky větru na desce.....	14
10. Závěr	15
Seznam použitých zdrojů	16
Software:.....	16
Seznam zkratk	17
Seznam příloh	19

1. Úvod

Úloha bakalářské práce je návrh a posouzení železobetonové lokálně podepřené stropní desky o vícerych polí. Jedná se o budovu radiodiagnostické kliniky Nemocnice Kyjov. Objekt má 3 nadzemní a jedno podzemní podlaží. Práce se zbývá návrhem stropní konstrukce nad 1. nadzemním podlaží.

Objekt není ztužen proti vodorovným zatížením, vodorovné účinky přenáší pouze sloupy. Stropní deska má obdélníkový tvar. Byl proveden nový návrh tloušťky stropní desky.

Zatížení stropní desky je spočítáno podle reálného využití. Konstrukce byla analyzována pomocí dvě výpočetních metod, a to pomocí metody náhradních rámců a metodou konečných prvků vytvořeného v programu Dlubal RFEM jako 2D model.

Výsledkem práce je porovnání metod výpočtu, návrh a posouzení desky na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti a návrh s posouzením jednoho vybraného sloupu.

2. Popis konstrukce

Jedná se o železobetonový monolitický deskový skelet. Objekt má 3 nadzemní a jedno podzemní podlaží. Rozpětí deskových polí je mezi 6-7,2m. Nejvyšší podlaží má půdorysně menší rozměry, tam se nachází strojovna vzduchotechniky.

Objekt je založen na železobetonových základových patkách. Po obvodě probíhá nad patkami železobetonový základový pas. Řešená stropní deska je lokálně podepřená. Podporující konstrukcemi jsou sloupy o rozměrech 400x400 mm. Objekt není ztužen proti vodorovnými účinky, vodorovné zatížení přenáší sloupy.

Výškové uspořádání objektu je +11,53 m nad terénem a -3,6 m pod terénem. Výška v úrovni řešené stropní desky je -0,100 m u horního povrchu desky. "

Původní stropní deska byla navržena s tloušťkou 200 mm, podporována čtvercovými sloupy o rozměrech 400x400 mm.

Pro výpočet práce byla zvolena větší tloušťka desky 240 mm s ohledem na normové požadavky, podporována čtvercovými sloupy o rozměrech 400x400 mm.

V konstrukci bylo navrženo několik menších otvorů pro elektro rozvody, kanalizační potrubí, a dvě větších pro výtahových šachet.

3. Materiály

Beton C30/37

$f_{ck}=30 \text{ Mpa}$

$f_{cd}= f_{ck}/ \gamma_c= 30/1,5= 20 \text{ MPa}$

$f_{ctm}=2,9 \text{ Mpa}$

$f_{ctk,0,05}=2,0 \text{ Mpa}$

$E_{cm}=32 \text{ GPa}$

$\epsilon_{cu3}= 3,5 \text{ ‰}$

Ocel B500B

$f_{yk}=500 \text{ Mpa}$

$f_{yd}= f_{yk}/ \gamma_s=500/1,15=434,78 \text{ Mpa}$

$E_s=200 \text{ GPa}$

$\epsilon_{yd}= f_{yd}/ E_s=434,78\text{Mpa}/200\cdot10^3\text{Mpa}=2,17\text{‰}$

Stupeň vplyvu prostředí:

XC1

4. Výpočetní metody

Pro stanovení vnitřních sil byla použita metoda konečných prvků a metoda náhradních ráků. Tyto varianty byly porovnány.

4.1. Metoda náhradních ráků

Pro výpočet byl vybrán sloupová řada s největším zatížením: sloupová řada C. Výška desce je 240 mm, zatěžovací šířka 6,4m Výpočet byl proveden pomocí programu Dlubal RFEM 5. Hodnoty vnitřních sil byly převzaty a přerozděleny do příčného směru pomocí součinitele a rozdělení deskového pásu do sloupových a středních pruhů. Výpočet je porovnán s metodou konečných prvků.

4.2. Metoda konečných prvků

Byl vytvořen model pomocí programu Dlubal RFEM 5, deska byla modelována jako 2D prvek. Deska je podporována sloupy v rovině Z, sloupy jsou definovány jako podloží plochy, program zohledňuje reálné rozměry sloupu.

5. Zatížení

5.1. Stálé zatížení

Do stálého zatížení je uvažováno plošné zatížení skladby podlahy, vlastní tíha desky a u metody náhradních ráků je použita skladba střechy. Deska nese tíhu jednoho patra obvodového zdiva.

5.2. Proměnné zatížení

Hodnoty užitého zatížení byly vypočteny podle skutečného uspořádání a využití patra. Nachází se zde prostory s menším zatížením (chodba, soc. zařízení), a prostory s větším zatížením (RTG, CT). Příčky uvažovala jsem jako přemístitelné vzhledem k proměnné rozmístěné příček v řešeném podlaží, plošná zatížení od příček: $q_{kp} = 1,2 \text{ kN/m}^2$, ta hodnota byla přidána k užitému zatížení.

U výpočtu náhradního ráku bylo využito také zatížení od sněhu, a to $0,8 \text{ kN/m}^2$, objekt se nahází ve sněhové oblasti II.

Vzhledem k tomu že objekt není ztužen, byl nutné zohlednit účinky větru. Objekt se nachází ve větrové oblasti II. Pro zjištění vnitřní síly od účinky větru byla používána metoda náhradních rámu. Rám byl vytvořen se sníženou tuhostí: 40% tuhost původního konstrukce dle ČSN EN 1992-1-1 čl. I.1.2. Rám s větrem byl kombinován s rámem, který byl zatížen užitným zatížením.

6. Kombinace

Pro posouzení mezní stav únosnosti bylo uvažováno zatížení dle rovnic 6.10a, 6.10b. Dále byla spočtena kombinace charakteristická a kvazistálá dle rovnic 6.14b, 6.15b, 6.16b se kterými se počítá pro mezní stav použitelnosti.

7. Vyztužování

Hodnoty vnitřních sil pro vyztužení desky byly převzaty z programu RFEM ve kterém deska byla namodelována. Krajiní vrstva rovnoběžná se směrem Y. Pro dimenzování výztuže byly provedeny řezy s extrémními hodnotami ohybových momentů. Návrh výztuže byl vypočítán ručně.

Základní rastr byl zvolen s ohledem na minimální plochu výztuže byl zvolen: $\varnothing 14/250$, dále byl proveden návrh příložek z výztuže $\varnothing 8$, $\varnothing 12$, pro oblasti, ve kterých ohybový moment je větší, než momentová únosnost základního sítě.

Krizové oblasti, které bylo nutné dovyztužit byly zjištěny pomocí RFEM. Jako minimální hodnota vykreslovaných momentů byla zadána hodnota únosnosti základní sítě. Momenty v řezech byly zprůměrovány po třech oblastech, aby došlo k zprůměrování špiček momentů.

Byl proveden návrh výztuže proti řetězovému zřícení, to profilem $\varnothing 16$ ve 2. a ve 3. vrstvě.

V rámci práce se dále zabývá návrhem smykových lišt. Pro dvě sloupy A1 a D2 je posouzení spočítán ručně a porovnán s hodnotou s výstupem z programu HALFEN DEHA. Ostatní sloupy jsou spočítané pomocí programu HALFEN DEHA.

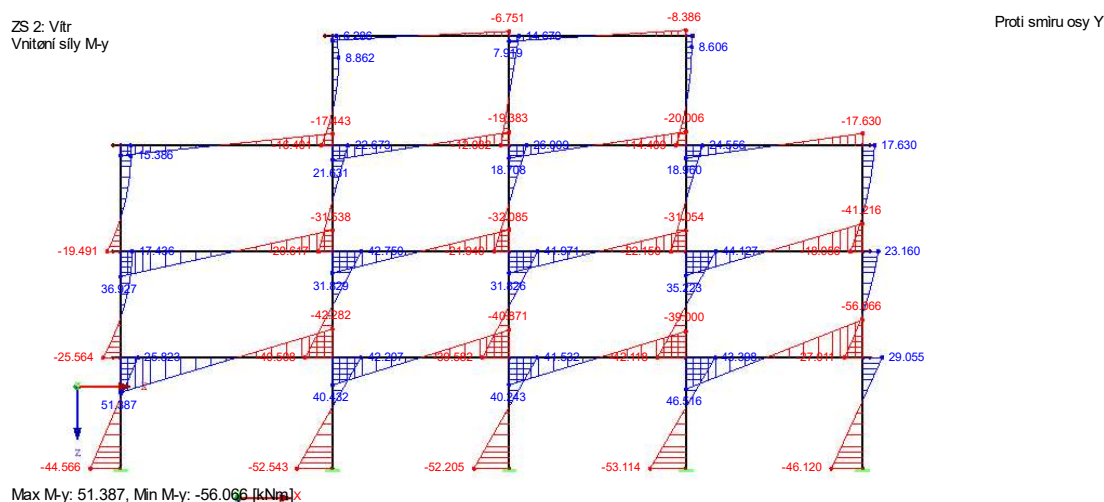
8. Výpočet sloupu

Pro výpočet vnitřních sil sloupu byla používána metoda náhradních rámu. Rámy byly vytvořeny ve směru X a Y, sloupové řadě C-2. Rám zatížení větrem byl vytvořen se sníženou tuhostí: 40% tuhost původního konstrukce dle ČSN EN 1992-1-1 čl. I.1.2. Rám s větrem byl kombinován s rámem, který byl zatížen užitným zatížením.

9. Vodorovné účinky větru na desce

Vítr vytváří momenty nejen ve sloupcích, ale také vznikají momenty na desce. Tyto hodnoty momentů byly přidány k momentů z metody konečných prvků.

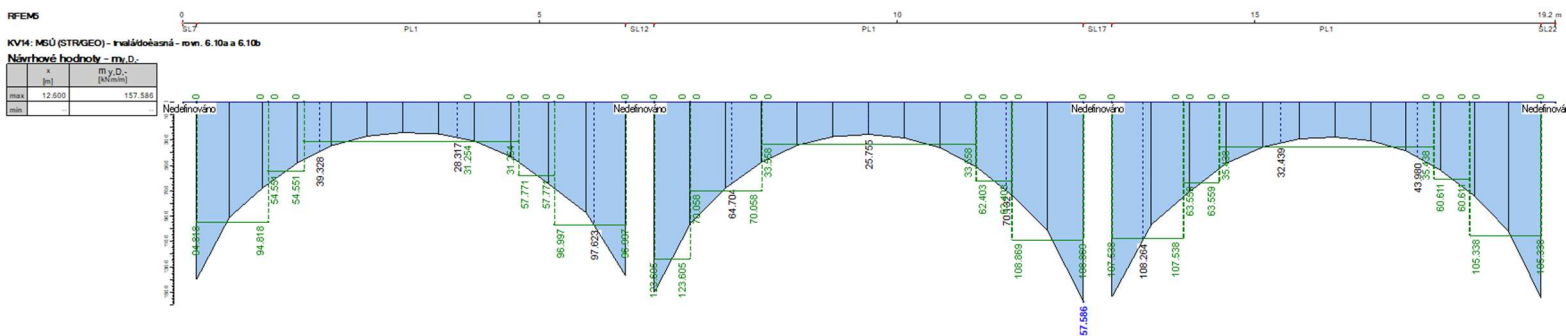
Momenty od účinky větru:



Rozložení momentu ve příčném směru:

SMĚR Y	PRŮŘEZ	ω	M [kNm]	ω^*M [kNm]	šířka pruhu[m]	ω^*M/\bar{s} [kNm/m]
SLOUPOVY	SLOUP1-2	1	51.387	51.387	3.2	16.06
	SLOUP 2-1	0.75	42.282	31.7115	3.2	9.91
	SLOUP 2-3	0.75	40.32	30.24	3	10.08
	SLOUP 3-2	0.75	40.371	30.27825	3	10.09
	SLOUP 3-4	0.75	40.43	30.3225	3	10.11
	SLOUP 4-3	0.75	39	29.25	3	9.75
	SLOUP 4-5	0.75	46.5	34.875	3	11.63
	SLOUP 5-4	1	56	56	3	18.67
MEZISL.	SLOUP 1-KONZOLA	0.65	51.387	33.40155	3.2	10.44
	SLOUP 2-1	0.25	42.282	10.5705	3.2	3.30
	SLOUP 2-3	0.25	40.32	10.08	3.4	2.96
	SLOUP 3-2	0.25	40.371	10.09275	3.4	2.97
	SLOUP 3-4	0.25	40.43	10.1075	3.4	2.97
	SLOUP 4-3	0.25	39	9.75	3.4	2.87
	SLOUP 4-5	0.25	46.5	11.625	3.4	3.42
	SLOUP 5	0.65	56	36.4	3.4	10.71

Schéma maximálních momentů ve směru Y myd-, sloupy: D2-E2 z metody konečných prvků:



Oblast A:

$$M_{Ed,max} = 123,065 + \text{účinky větru } \gamma_G = 123,065 + 16,06 \cdot 1,5 = 147,155 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 156,42 \text{ kNm}$$

$M_{Rd} \geq M_{Ed} \dots$ Vyhovuje

Oblast B:

$$M_{Ed,max} = 70,058 + \text{účinky větru } \gamma_Q = 70,058 + 1,5 \cdot 2,97 = 75,035 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 89,34 \text{ kNm}$$

$M_{Rd} \geq M_{Ed} \dots$ Vyhovuje

10. Závěr

Úloha bakalářské práce je návrh a posouzení železobetonové lokálně podepřené stropní desky o vícerých polích, na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Při výpočtu zatížení byl uvažován reálné využití objektu. Konstrukce byla analyzovaná pomocí dvě výpočetních metod, a to metodou náhradních rámců a metodou konečných prvků. Oba metody byly vymodelovány v programu RFEM. Srovnání metody bylo provedeno ve statickém výpočtu-porovnání vnitřních sil procentuálně. Největší rozdíl je ve středním pruhu v polích. Odchyšky momentu mohou být způsobeny odlišným zatížením.

Seznam použitých zdrojů

NORMY:

[1] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.

[2] ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2004.

[3] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2011.

[4] ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

LITERATURA (včetně elektronické):

[5] ZICH, Miloš. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů. Praha: Verlag Dashofer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.

[6] BAŽANT, Zdeněk. Betonové konstrukce I: Modul CS4 Betonové konstrukce plošné - část 2. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2004.

[7] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.: Pomůcky [online]
Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default.htm>

[8] HALFEN Durchstanz- und Querkraftbewehrung: Produktinformation technik HDB 17.1 [online]. Langenfeld (D), Dostupné z: <http://www.halfen.de>

[9] Analýza metod výpočtu železobetonových lokálně podepřených desek. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty_soubory/FRVS_2011/analyza_lok_pod_dese_k.pdf

[10] FIN EC – Dimenzační a posudkové programy. Dostupné z: <https://www.fine.cz/vypocty-statiky>

Software:

Dlubal RFEM

FIN EC 2020 – Beton

Autocad 2018

Halfen – HDB 13.40

Microsoft office Excel

Microsoft office word

Seznam zkratek

A	průřezová plocha
A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
A_i	průřezová plocha ideálního průřezu
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
B_i	tuhost neporušeného průřezu
B_{ir}	tuhost průřezu porušeného trhlinou
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
$E_{c,eff}$	účinný modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti betonářské výztuže
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
G_d	návrhová hodnota stálého zatížení
I	moment setrvačnosti průřezu
I_i	moment setrvačnosti ideálního průřezu
I_{ir}	moment setrvačnosti průřezu porušeného trhlinou
L	délka
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
M_{Rd}	návrhová momentová únosnost průřezu
M_{cr}	moment na mezi vzniku trhlin
MNR	metoda náhradních rámců
MKP	metoda konečných prvků
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
Q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
Q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
S_i	statický moment plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu
S_{ir}	statický moment výztuže k těžišti průřezu porušeného trhlinou
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly
c	rozměr sloupu
c_{nom}	jmenovitá tloušťka betonové krycí vrstvy
c_{min}	minimální tloušťka betonové krycí vrstvy
Δc_{dev}	povolená výrobní odchylka krycí vrstvy od nominální hodnoty
d	účinná výška průřezu

d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
f_{bd}	návrhové mezní napětí v soudržnosti
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku (válcová ve stáří 28 dní) f_{cd} návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{cm}	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f	průhyb
f_{lim}	limitní hodnota průhybu
f_{cs}	průhyb od smršťování
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení
h	výška průřezu
h_s	tloušťka desky
$h_{s,lim}$	minimální tloušťka desky
h_0	náhradní rozměr prvku
l	délka nebo rozpětí
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
l_{bd}	kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
l_0	stykovací délka
s	zatížení sněhem
s_{max}	maximální osová vzdálenost prutů výztuže
s_{sn}	minimální světlá vzdálenost mezi pruty výztuže
u	obvod prvku
u_1	základní kontrolovaný obvod
V_{Ed}	maximální smykové napětí
$V_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
V_{min}	minimální smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$V_{Rd,sy,max}$	maximální smyková únosnost prvku se smykovou výztuží
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačенého okraje
z_c	rameno vnitřních sil k těžišti tlačенého betonu
$1/r_{cs}$	křivost od smršťování
α_e	poměr modulů pružnosti betonářské výztuže a betonu
β	součinitel druhu působení zatížení (krátkodobá/dlouhodobá)
β_t	součinitel kroucení
$\beta(t_0)$	součinitel vyjadřující vliv stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení na základní součinitel dotvarování

γ_c	součinitel spolehlivosti betonu
γ_s	součinitel spolehlivosti výztuže
γ_G	součinitel stálého zatížení
γ_Q	součinitel proměnného zatížení
ϵ_{cu}	mezní poměrné přetvoření betonu
ϵ_{yd}	přetvoření betonářské výztuže
ϵ_{cs}	volné přetvoření od smršťování
ρ	stupeň vyztužení
ϕ	profil výztuže
$\varphi(t, t_0)$	součinitel dotvarování

Seznam příloh

- P.1. POUŽITÉ PODKLADY
- P.2. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE
- P.3. STATICKÝ VÝPOČET